

НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профес-  
сионального образования  
«Кубанский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
и инновациям

М.В. Шарафан

“28”

2021

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.В.ОД.1 ОПТИКА (КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН)**

Направление подготовки  
**03.06.01 Физика и астрономия**

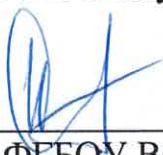
Профиль программы  
**01.04.05 Оптика**

Квалификация выпускника: **Исследователь. Преподаватель-Исследователь**

Форма обучения  
**очная, заочная**

Краснодар 2021


Программа составлена в соответствии с утверждённым Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки кадров высшей квалификации 03.06.01 Физика и астрономия и Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программам ординатуры, программам ассистентуры-стажировки, утверждённым приказом Минобрнауки РФ от 08.03.2016 г. №227; Положением «О порядке проведения государственной итоговой аттестации обучающихся по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Составитель:  Н.А. Яковенко, заведующий кафедрой оптоэлектроники, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», доктор технических наук, профессор

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники, 07 апреля 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой  Н.А. Яковенко, доктор технических наук, профессор, декан ФТФ КубГУ

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета 16 апреля 2021, протокол № 13

Председатель УМК ФТФ  Н.М. Богатов, доктор физико-технических наук, профессор, зав. кафедрой физики и информационных систем КубГУ

Зав.отделом аспирантуры  Н.Ю. Звягинцева

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель** проведения дисциплины обеспечение подготовки аспирантов для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 01.04.05 Оптика. Настоящая программа основана на следующих дисциплинах: электромагнитной теории света, геометрической оптике, физической оптике, взаимодействии света с веществом, оптике лазеров, прикладной оптике, спектроскопии, статистической и квантовой оптике.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по физике при участии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и Физического института им. П.Н. Лебедева РАН.

### **Задачи дисциплины:**

- получение аспирантами основополагающих представлений об основных подходах к описанию оптических процессов и явлений;
- формирование у аспирантов систематических знаний о методах решения практических задач оптики на основе современных математических моделей описания физических объектов;
- развитие научного мышления и создание фундаментальной базы для дальнейшей успешной профессиональной деятельности в областях, связанных с текущими исследованиями аспирантов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Оптика» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (квалификация (степень) "Исследователь. Преподаватель-Исследователь") относится к учебному циклу Б1.В.ОД.1. дисциплин (модулей) профессиональной части.

Для успешного изучения дисциплины необходимы знания по дисциплинам вариативной части и дисциплинам по выбору, связанные с

взаимодействием излучения с веществом, физическими технологиями создания оптических материалов и структур, знаниями в области интегральной и волоконной оптики, а также в области методов и средств диагностики оптических материалов и систем формирования информационных сигналов.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (согласно ФГОС и ООП):**

Наименование компетенции	Код компетенции
– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	УК – 2
– способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	УК – 5
– способность использовать теорию, концепцию и принципы в предметной области исследования природы света, его распространения и взаимодействия с веществом, а также основы технологий передачи информации и энергии, диагностики объектов различной природы	ПК – 1

### **Знать:**

- методы научно-исследовательской деятельности (**Шифр: З (УК-2) –1**);
- содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда (**Шифр: З (УК-5)-1**);
- теорию и концепцию распространения света и его взаимодействие с веществом (**Шифр: З (ПК-1)-1**);
- основы технологий передачи и обработки информации и энергии (**Шифр: З (ПК-1) – 2**).

### **Уметь:**

- формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей (**Шифр: У (УК-5) – 1**);
- применять принципы и методы исследования взаимодействия света с веществом (**Шифр: У (ПК-1)-1**);
- применять принципы и методы диагностики различных оптических систем (**Шифр: У (ПК-1) -2**).

### **Владеть:**

- способами выявления и оценки индивидуально-личностных, профессионально-значимых качеств и путями достижения более высокого уровня их развития (**Шифр: В (УК-5) – 2**);
- методами диагностики, исследования и конструирования различных оптических систем (**Шифр: В (ПК-1) – 1**).

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице 1.

Таблица 1

Вид работы	Трудоёмкость, часов	
	3 год	Всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<i>Лекции (Л)</i>	18	18
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	8	8
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	18	18
<i>Контролируемая самостоятельная работа</i>		
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)		
Расчетно-графическое задание (РГЗ)		
Реферат (Р)		
Эссе (Э)		
Самостоятельное изучение разделов	28	28
Контрольная работа		
Самоподготовка		
Подготовка и сдача экзамена	36	36
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

## 4.2. Содержание разделов дисциплины «Оптика»

### 4.2.1. Общая структура курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоёмкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Формы промежуточной аттестации (по итогам освоения дисциплины)
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	
1	2	3	5	6	7	9	10
1.	Электромагнитная теория света	1	2			4	Устный опрос Тестирование
2.	Геометрическая оптика	1	2			4	Устный опрос Тестирование
3.	Интерференция и дифракция световых волн	1	2	4	2	4	Устный опрос Тестирование
4.	Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом	1	2	4	2	4	Устный опрос Разработка расчетного комплекса
5.	Статистическая оптика	1	2		2	4	Устный опрос Тестирование

6.	Спектроскопия	1	2	4		4	Устный опрос Разработка расчетного комплекса
7.	Экспериментальная и прикладная оптика		2		4	4	Устный опрос Разработка расчетного комплекса
8.	Оптика лазеров		2	4		4	Устный опрос Тестирование
9.	Волноводная оптоэлектроника/ интегральная оптика		2	2		4	Устный опрос Разработка расчетного комплекса
	<b>Всего</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>36</b>	

#### 4.2.2. Содержание курса «Оптика»

##### 1). Электромагнитная теория света

Уравнения Максвелла. Вектор Умова—Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света.

Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера. Типы поляризационных устройств.

Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения.

Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Оптическая активность. Эффект Фарадея.

Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Доплера.

##### 2). Геометрическая оптика

Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки.

Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах. Геометрические aberrации третьего и более высоких порядков. Хроматическая aberrация. Типы оптических приборов.

### **3). Интерференция и дифракция световых волн**

Интерференция частично когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван—Циттерта—Цернике.

Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия.

Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа—Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Эффект Тальбо. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Параболическая теория дифракции, гаусский пучок. ABCD -метод; комплексный параметр кривизны. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции.

Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Киноформная оптика.

### **4). Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом**

Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса—Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект.



Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля.

Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния.

Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама—Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

#### **5). Статистическая оптика**

Временная и пространственная когерентность световых полей.

Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля.

Распределение Бозе—Эйнштейна. Параметр вырождения поля.

Рассеяние света в биоткани.

#### **6). Спектроскопия**

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций.

Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры

молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка—Кондона. Типы связи электронного движения и вращения.

Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье—Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях остоного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.

Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса—Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова. Триpletные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина—Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции.

Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.

## **7). Экспериментальная и прикладная оптика**

Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Синхротронное излучение. Оптические материалы.

Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы.

Техника спектроскопии. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия.

Запись и обработка оптической информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Цифровые голограммы. Переходные и передаточные функции оптических систем обработки информации. Изопланарность. Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов. Коррекция и реконструкция изображений. Методы компьютерной оптики.

Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.

## **8). Оптика лазеров**

Принцип работы лазера. Схемы накачки. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал.

Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.

Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски.

Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Пичковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.

Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

### **9). Волноводная оптоэлектроника/ интегральная оптика**

Поверхностные волны в однородных планарных оптических волноводах. Поверхностные волны в неоднородных планарных оптических волноводах. Связанные волны в оптических волноводах.

Фокусирующие элементы интегральной оптики. Интегрально-оптические элементы на основе дифракционно-решетчатых структур.

Основные типы трехмерных оптических волнопроводов. Методы расчета трехмерных оптических волнопроводов. Метод эффективного показателя преломления.

Выбор параметров канальных и полосковых оптических волнопроводов. Соединения трехмерных оптических волнопроводов на общей подложке. Волноводные переходы и рупоры. Изгибы и изломы оптических волнопроводов. Волноводные направленные ответвители. Разветвления и пересечения трехмерных оптических волнопроводов. Элементы ввода излучения в оптические волноводы.

Базовые элементы для оптических интегральных схем и основные методы получения волноводных структур. Методы согласования оптических волнопроводов и волоконных световодов. Оптические согласующие элементы. Согласование источников излучения с оптическими волноводами и волоконными световодами.

Основные характеристики оптических волноводных модуляторов и переключателей. Электрооптические модуляторы интерференционного типа. Акустооптические модуляторы и дефлекторы.

Источники излучения для волоконно-оптических линий связи и оптических интегральных схем. Полупроводниковые фотодетекторы.

Оптоэлектронные интегральные схемы. Принципы и методы оптической волноводной обработки информации. Виды и основные классы оптических интегральных схем для обработки информации.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации учебной работы по освоению курса «Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОПТИКА»**

### **Вопросы на экзамен «Оптика»:**

1. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление.
2. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой.
3. Поверхностные волны в однородных и неоднородных планарных оптических волноводах.
4. Электрооптические эффекты Керра и Погкельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея.

5. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения.
6. Связанные волны в оптических волноводах.
7. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах.
8. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.
9. Фокусирующие элементы интегральной оптики.
10. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна.
11. Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники.
12. Интегрально-оптические элементы на основе дифракционно-решетчатых структур.
13. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение.
14. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения.
15. Основные типы трехмерных оптических волноводов и методы их расчета.
16. Когерентное и комбинационное рассеяние.
17. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Кооперативные процессы в люминесценции.
18. Элементы ввода излучения в оптические волноводы.
19. Распространение волн в нелинейной среде. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник.
20. Синхротронное излучение. Оптические материалы.
21. Базовые элементы для оптических интегральных схем и основные методы получения волноводных структур.

- 22.Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты.
- 23.Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) – линейки, матрицы.
- 24.Методы согласования оптических волноводов и волоконных световодов.
- 25.Временная и пространственная когерентность световых полей.
- 26.Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия.
- 27.Согласование источников излучения с оптическими волноводами и волоконными световодами.
- 28.Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле.
- 29.Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия.
- 30.Основные характеристики оптических волноводных модуляторов и переключателей.
- 31.Запись и обработка оптической информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм.
- 32.Принцип работы лазера. Схемы накачки.
- 33.Электрооптические модуляторы интерференционного типа.
- 34.Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.
- 35.Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.
- 36.Акустооптические модуляторы и дефлекторы.
- 37.Волновое уравнение. Поляризация света.

38. Энергетический спектр атома водорода в нерелятивистском приближении.
39. Туннельный эффект.
40. Энергия и импульс оптических волн, световое давление.
41. Излучение света атомами и молекулами.
42. Когерентность. Интерференция. Принцип голографии.
43. Звуковые и ударные волны.
44. Поглощение и рассеяние света.
45. Нелинейные оптические явления.
46. Рассеяние электромагнитных волн на зарядах.
47. Усиление света, лазеры.
48. Принцип Паули. Таблица Менделеева.
49. Излучение заряда, движущегося по окружности. Особенности излучения при больших скоростях.
50. Интерференция света, временная и пространственная когерентность, интерферометры.
51. Элементарные частицы, их свойства и классификация. Частицы и античастицы
52. Законы преобразования энергии и импульса, связь энергии, импульса, массы и скорости релятивистской частицы.
53. Распространение оптических волн в анизотропных средах.
54. Законы теплового излучения Планка, Вина, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана, Киргофа. Метод регистрации элементарных частиц.
55. Уравнения Максвелла в среде, материальные уравнения и граничные условия.
56. Излучение Вавилова-Черенкова.
57. Оптические резонаторы для лазеров.
58. Дисперсия диэлектрической проницаемости, физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости.
59. Дифракция Френеля и Фраунгофера.



60. Уравнение Шредингера (стационарное, нестационарное), волновая функция и ее свойства.
61. Естественная ширина спектральной линии. Доплеровское уширение.
62. Интерферометр Фабри-Перо. Многолучевая интерференция.
63. Фотоэффект и его виды. Уравнения Эйнштейна для фотоэффекта и их анализ.
64. Люминесценция и ее основные законы.
65. Уравнение Пауссона и Лапласа.
66. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
67. Подвижность электронов и дырок в полупроводниках.
68. Уравнение Шредингера для кристалла в общем виде.
69. Поляризация преломленных лучей. Двойное лучепреломление.
70. Механизмы пробоя n-p перехода.
71. Связь между импульсом и длиной волны свободного электрона, волновое число.
72. Квантовые генераторы и усилители. Методы создания инверсной населенности.

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, круглых столах и научных семинарах. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

В рамках выполнения самостоятельной работы аспиранты разрабатывают расчетные комплексы на основе экспериментальных данных, полученных на лабораторных работах. **Предлагается выполнение следующих расчетных заданий:**

1. Разработка расчетного комплекса на основе физико-математической модели переноса энергии электронного возбуждения в кристаллах с

изменяющейся концентрацией оптических центров вдоль оси кристалла по заданному закону. Сопоставление результатов между градиентно активированными кристаллами и кристаллами с постоянной концентрацией оптических центров.

2. Расчетный комплекс по расшифровке сложной полосы поглощения, основанный на фундаментальных понятиях люминесценции и радиационного времени жизни.

3. Расчетный комплекс по моделированию процесса ГВГ, суммарной и разностной частоты в нелинейных кристаллах на примере ниобата лития.

4. Расчетный комплекс по моделированию процессов распространения электромагнитного поля в волноводных структурах.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Оптика»**

### **Основная литература**

1. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика // В. П. Вейко, М. Н. Либенсон, Г. Г. Червяков, Е. Б. Яковлев; под ред. В. И. Конова. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2008. - 309 с.
2. Лазерная рефрактография // Евтихиева, Ольга Анатольевна., И. Л. Расковская, Б. С. Ринкевичюс ; О. А. Евтихиева, И. Л. Расковская, Б. С. Ринкевичюс ; под ред. Б. С. Ринкевичюса. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2008. - 174 с.
3. Лазерная электродинамика. Элементарные и когерентные процессы при взаимодействии лазерного излучения с веществом // Быков, Владимир Павлович ; В. П. Быков. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2006. - 380 с.
4. Лазерные резонаторы / Быков, Владимир Павлович, О. О. Силичев ; В. П. Быков, О. О. Силичев. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 319 с.

5. Многоходовые системы в оптике и спектроскопии / Чернин, Семен Моисеевич ; Чернин С. М. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 239 с.
6. Оптические солитоны / Кившарь, Юрий Сергеевич, Анравал Г.П. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.- 648с.
7. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / / Дмитриев, Валентин Георгиевич. ; В. Г. Дмитриев. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2003. - 256 с.
8. Оптика анизотропных сред / Федоров, Федор Иванович ; Ф. И. Федоров. - Изд. 2-е, испр. - М. : Едиториал УРСС, 2004. - 380 с.
9. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы / Янг, Матт ; М. Янг ; пер. с англ. Н. А. Липуновой, О. К. Нания, В. В. Стратонович ; под ред. В. В. Михайлина. - М. : Мир, 2005. - 541 с.
10. Основы фемтосекундной оптики / Козлов, Сергей Аркадьевич, В. В. Самарцев ; С. А. Козлов, В. В. Самарцев. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 291 с.
11. Фемтосекундные импульсы : введение в новую область лазерной физики / Крюков, Петр Георгиевич ; П. Г. Крюков. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 205 с.
12. Физика лазера / Тарасов, Лев Васильевич ; Л. В. Тарасов. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : URSS : [ЛИБРОКОМ], 2010. - 439 с.
13. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М.: Техносфера, 2003
14. Васильев В.Н., Павлов А.В. Оптические технологии искусственного интеллекта. СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.
15. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. - СПб.: Питер, 2007.
16. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов. - М.: Техносфера, 2006.
17. Ушаков В.Н. Оптические устройства в радиотехнике.-М.:Радиотехника, 2005.-240с.
18. Гринёв А.Ю. Основы радиоптики.-М.: Сайнс-Пресс, 2003.
19. Месхеде П. Современная оптика и нанофотоника.-М.: Интеллект, 2008.
20. Салех Б., Тейх М. Основы фотоники.-М.: Интеллект, 2008.

- 21.Сойфер В.А. Методы компьютерной оптики.-Издание 2.-М.:Изд. группа URSS, 2003.-688с.
- 22.Васильев В.Н., Павлов А.В. Оптические технологии искусственного интеллекта. Уч.по. в 2-х т. - т.1 Основы оптических информационных технологий и теории искусственных нейронных сетей.-СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. - т.2 Когнитивные системы и оптические логические процессы. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008.
- 23.Дмитриев А.Л. Оптические методы обработки информации.-Уч.пос.-СПб.:СПбГУ ИТМО, 2005.
- 24.Акаев А. Оптические методы обработки информации.- СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.-240с.
- 25.Ермаков О.Н. Прикладная оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004.-416с.
- 26.Анаев А. Оптические методы обработки информации.- СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.
- 27.Беспалов В.Г., Крылов В.Н. Основы оптоинформатики.-Уч.пос. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008.
- 28.Белов П.А. Оптические процессоры: достижения и новые идеи.- Сб. «Проблемы когерентной и нелинейной оптики»/Под ред. И.П. Гурова. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006.
- 29.Розенштер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника.-М.: Техносфера, 2004.-592с.
- 30.Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых диэлектрических материалов. –СПб.: Лань, 2002.-424с.
- 31.Янг М. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы.-М.: Мир, 2005.-544с.
- 32.Гончаренко А.М., Карпенко В.А. Основы теории оптических волноводов.-Изд.2.-Издательская группа URSS, 2004.-240с.
- 33.Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах/Под ред. Нефедова В.И.-М.: Высш.школа, 2005.

34. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоэлектронных сетей связи.-М.: Радио и связь, 2003.
35. Боридько С.И. Метрология и электродиагностика в телекоммуникационных системах. -М.: Вильямс, 2004.-640с.
36. Бакланов И.Г. Технологии измерений первичной сети. ч.1 Системы E1, PDH, SDH.-М.: Эко-Трендз, 2002; ч.2 Системы синхронизации B-ISDN, ATM:-М.: Эко-Тренд, 2002.
37. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи- М.: Радио и связь, 2006.-460с.
38. Зыряев А.В. Защита информации в сетях мобильной связи.- М.: Гор.линия – телеком, 2005.
39. Ларкин А.И. Когерентная фотоника.-Бином.ЛЗ, 2007.-319с.
40. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики.-2-е изд.-МИСИС, 2007.-432с.
41. Еrsaков О. Прикладная оптоэлектроника.-М.: Техносфера, 2004.-416с.
42. Дмитриев В.Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта.-М.: Физматлит, 2003.-256.
43. Рыжонков Д.И. Наноматериалы.-Бином, ЛЗ, 2008.-365с.
44. Дубровский В.Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур.- Серия «Фундаментальная и прикладная физика».-М.:Физматлит., 2009.-352с.
45. Кожитов Л.В. Технология материалов микро- и наноэлектроники.- М.:МИСИС, 2007.-544с.
46. Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов.-М.: Техносфера, 2007.-376с.
47. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники.-М.:Техносфера, 2007.-368с.
48. Маломед Б.А. Контроль солитонов в периодических средах.-М.: Физматлит., 2009.-192с.

## Дополнительная литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
2. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
3. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1962.
4. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Физматгиз, 1963.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
6. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1987.
7. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ, 1994.
8. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988.
9. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Изд-во МГУ, 1996.
10. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М., 1999.
11. Ахманов С.А., Высоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука, 1990.
12. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
13. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. М.: Радио и связь, 2000.
14. Барыбин А.А., Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники.-СПб.: Лань, 2001.-271с.
15. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и нанооптоэлектроники.- М.: Техносфера, 2007.
16. Ипатов В.П. Системы мобильной связи.- М.: Гор.линия – телеком, 2003.
17. Комашинский В.И. Системы подвижной радиосвязи с пакетной передачей информации. Основы моделирования.-Радиосвязь, 2007.-176с.

18.Маковеева М.М., Максимов А.В. Система связи с подвижными объектами.-М.:Радиосвязь, 2009.-440с.

### **Электронные ресурсы**

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.scopus.com/>

<http://www.nature.com/siteindex/index.html>

<http://www.scirus.com>

<http://www.elibrary.ru/>

<http://iopscience.iop.org/>

<http://online.sagepub.com>

<http://scitation.aip.org>

<http://www.annualreviews.org/ebvc>

<http://www.uspto.gov/patft/>